บทที่ 3
การพัฒนาแบบจำลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาก่อสร้างงานถนน ซึ่งในการสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องทราบถึงกลุ่มงานหลัก และปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน ตลอดจนระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และพิจารณาสร้างสมการถดถอยต่อไป ดังนั้นในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กลุ่มงานหลัก ปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน ระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน และรูปแบบทั่วไปของสมการที่นำมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลอง

3.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาสร้างแบบจำลอง ได้แก่ การวิเคราะห์สมการถดถอย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การทดสอบสมมติฐาน การคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย และการวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม

3.1.1 การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์สมการถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเทอมของค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของตัวแปรหนึ่งเป็นฟังก์ชันกับอีกตัวแปรหนึ่ง ถ้าการวิเคราะห์นั้นเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร โดยตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable: X) และอีกตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable: Y) จะเรียกว่า การถดถอยเชิงเดียว กรณีที่มีลักษณะความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง (Simple Linear Regression) จะสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

โดยที่ Y เป็นค่าตัวแปรตาม

X เป็นค่าตัวแปรอิสระ

β_0 เป็นจุดที่เส้นการถดถอยตัดแกน Y (Y-Intercept)

β_1 เป็นอัตราการเพิ่ม หรือลดของตัวแปรตาม Y เมื่อค่าของตัวแปรอิสระ X เพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย (Slope)

ε เป็นค่าความคลาดเคลื่อน

ถ้าการวิเคราะห์นั้นมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปร (Multiple Regression) จะกำหนดให้ตัวแปรหนึ่งที่สนใจศึกษาเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรที่เหลือแทนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรที่สนใจศึกษาเป็นตัวแปรอิสระ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระจะทำตามรูปแบบการถดถอยที่กำหนดขึ้น กรณีที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเส้นตรง จะเขียนสมการได้เป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + .. \quad + \beta_n X_n + \varepsilon$$

เรียกรูปแบบการถดถอยนี้ว่า รูปแบบการถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (Multiple Linear Regression)

กรณีที่ความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นโค้ง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ลักษณะนี้ ต้องทำการเปลี่ยนสมการเส้นโค้งให้เป็นสมการเส้นตรงเสียก่อน โดยการเปลี่ยนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตามให้เป็นฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันส่วนกลับ หรือฟังก์ชันกำลังของตัวแปร จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมการที่เปลี่ยนแล้วด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง สุดท้ายจึงทำการเปลี่ยนสมการถดถอยดังกล่าว ให้กลับเป็นสมการถดถอยสำหรับความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง

สำหรับการพิจารณาการถดถอยที่ตัวแปรอิสระในสมการถดถอยเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) หรือมีตัวแปรที่มีลักษณะแบ่งแยกเป็นกลุ่มต้องใช้ตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) มาช่วยในการสร้างสมการถดถอย ซึ่งตัวแปรหุ่นต้องมีค่าเป็น 0 และ 1 เท่านั้น โดยถ้ามีตัวแปรอิสระเชิงคุณภาพที่มีค่าเป็นไปได้ k ค่าหรือ k ระดับ จะต้องกำหนดตัวแปรหุ่นจำนวน k-1 ตัว เช่น ตัวแปรอิสระด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น พื้นที่ที่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน และ พื้นที่ที่ไม่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน ซึ่งในกรณีนี้จะกำหนดตัวแปรหุ่น (D) 1 ตัว โดยที่

$$D = \begin{cases} 0 & \text{พื้นที่ที่ไม่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน} \\ 1 & \text{พื้นที่ที่ติดกรรมสิทธิ์ที่ดิน} \end{cases}$$

ขั้นตอนการวิเคราะห์สมการถดถอยโดยทั่วไปมีดังนี้

1. วิเคราะห์ระบบ โดยพิจารณาระบบที่กำลังวิเคราะห์อยู่ว่ามีตัวแปรตามและตัวแปรอิสระตัวใดบ้าง เพื่อสร้างตัวแปรในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การสัมภาษณ์ การออกแบบสอบถาม ข้อมูลเก่า หรือการสังเกต เป็นต้น หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระอย่างคร่าวๆ (Scatter Diagram) เพื่อทราบถึงลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งเส้นตรงและเส้นโค้ง
3. เมื่อทราบถึงลักษณะของสมการแล้ว จึงทำการสร้างสมการประมาณการ โดยถ้าสมการมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง ก็ใช้สมการเชิงเส้นตรงในการวิเคราะห์ แต่ถ้าสมการมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นโค้ง ต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสมการเส้นตรง แล้วจึงทำการวิเคราะห์สมการถดถอย

4. ทดสอบสมการที่ได้มาโดยวิธีการทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การทดสอบนัยสำคัญและการหาความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า เป็นต้น เพื่อหาความเชื่อมั่นและข้อจำกัดของสมการ

3.1.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว แปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และมีทิศทางเป็นอย่างไร โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ ซึ่งจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นเครื่องวัดระดับความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยทั่วไป จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient) ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระกันระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทดสอบสมมุติฐานทำให้สมการถดถอยที่ได้ผิดพลาด ในกรณีที่ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแล้ว พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.7 แสดงว่าตัวแปรอิสระคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมาก (วัฒนา, 2542) ดังนั้นจึงตัดตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กันออก ไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์สมการถดถอย

3.1.3 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็นค่าวัดสัดส่วนหรือร้อยละที่ตัวแปรอิสระ (X) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (Y) ได้ หรือเป็นตัวบอกการเกาะกลุ่มกันของข้อมูลรอบๆเส้นสมการถดถอย ซึ่งเป็นตัวบอกความแม่นยำในการทำนาย สำหรับสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระในสมการเพียงตัวเดียว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจจะเป็นกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม นั่นคือ $R^2 = r^2$ ซึ่งการพิจารณาขนาดของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ สามารถแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การพิจารณาขนาดของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ	ความสัมพันธ์
0 ถึง +0.25 (หรือ –0.25)	มีความสัมพันธ์น้อยมากถึงไม่มีเลย
+0.26 ถึง +0.50 (หรือ –0.50)	มีความสัมพันธ์น้อย
+0.51 ถึง +0.75 (หรือ –0.75)	มีความสัมพันธ์ปานกลางถึงมาก
มากกว่า +0.75 (หรือ –0.75)	มีความสัมพันธ์มากที่สุด

ในกรณีที่สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเป็นบวกหมายความว่า ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเป็นลบหมายความว่า ตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจยังสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกสมการถดถอย หรือแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ดีที่สุด นั่นคือถ้าแบบจำลองใดมีค่า R^2 สูงสุดจะเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุด สำหรับสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระหลายตัวนั้น เมื่อทำการเพิ่มตัวแปรอิสระเข้าไปในสมการถดถอยจะมีผลทำให้ค่า R^2 มีค่าสูงขึ้นทั้งที่ตัวแปรอิสระที่เพิ่มเข้าไปนั้นอาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเลยก็ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่าสมการถดถอยใดเหมาะสมกว่ากัน จึงควรใช้ค่า Adjusted R^2 ซึ่งได้จากการปรับค่า R^2 ให้ถูกต้องยิ่งขึ้นด้วยการถ่วงน้ำหนัก มาใช้ในการพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุด โดยสูตรในการคำนวณค่า R^2 และ Adjusted R^2 แสดงได้ดังนี้ (เรืองไร, 2523)

$$R^2 = 1 - \frac{ESS}{TSS} \qquad \text{Adjusted } R^2 = 1 - \frac{ESS/(n-(k+1))}{TSS/(n-1)}$$

โดยที่ ESS = Error Sum of Square

TSS = Total Sum of Square

n = จำนวนข้อมูล

k = จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

3.1.4 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ตั้งในทางสถิติมี 2 อย่างคือ สมมติฐานไร้นัยสำคัญ (Null Hypothesis: Ho) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม และสมมติฐานเลือก (Alternative Hypothesis: H1) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ตรงข้ามกับสมมติฐานไร้นัยสำคัญ ในการยอมรับสมมติฐานนั้น จะพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในการทดสอบสมมติฐานเรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Significance: α) ซึ่งกำหนดโดยใช้ความน่าจะเป็น เช่น ระดับนัยสำคัญ 95% ส่วนมากแล้ววิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบสมมติฐาน F (F-test) และการทดสอบสมมติฐาน T (T-test)

สำหรับการทดสอบสมมติฐานของสมการถดถอยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบสมมติฐานรวม ซึ่งเป็นการทดสอบว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ในสมการถดถอยที่สามารถอธิบาย หรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดหรือไม่โดยใช้ F-test ทดสอบ อีกส่วนคือ การทดสอบสมมติฐานย่อย ซึ่งเป็นการทดสอบว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวสามารถอธิบายหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดหรือไม่โดยใช้ T-test ทดสอบ

3.1.5 การคัดเลือกตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

สมการถดถอยที่ดีจะต้องครอบคลุมทุกตัวแปร และจะต้องมีตัวแปรอิสระน้อยที่สุด ซึ่งวิธีในการตัดสินคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยนั้นสามารถทำได้ 3 วิธี (ทรงศิริ, 2542) ดังนี้

1. วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบเดินหน้า (Forward Entry)

วิธีนี้จะเริ่มจากการนำตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญมากที่สุดใส่เข้าไปสมการก่อน จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ใหม่แล้วจึงเพิ่มตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญรองลงมา ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกว่าตัวแปรอิสระที่จะเพิ่มเข้าไปในสมการมีนัยสำคัญน้อยกว่าที่กำหนด

2. วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบถอยหลัง (Backward Elimination)

วิธีนี้จะเริ่มจากการนำตัวแปรอิสระทุกตัวใส่เข้าไปในสมการถดถอย จากนั้นจึงนำตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญต่ำออกจากสมการ ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกว่าตัวแปรอิสระที่เหลืออยู่ในสมการมีนัยสำคัญเกินกว่าค่าที่กำหนด

3. วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Selection)

วิธีนี้จะผสมระหว่างวิธีการคัดเลือกแบบเดินหน้าและถอยหลัง โดยจะเริ่มต้นเหมือนกับวิธีคัดเลือกแบบเดินหน้า แต่ทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรอิสระเข้าสมการจะทำการตรวจสอบตัวแปรอิสระทุกตัวในสมการว่ายังคงมีนัยสำคัญเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบถอยหลัง

3.1.6 การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม

การวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรอิสระในสมการถดถอยแต่ละตัวที่มีต่อตัวแปรตาม เพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาในการใช้สมการถด

ถอยที่สร้างขึ้น โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์เบต้า (Beta Coefficient) ซึ่งแสดงถึงค่าของตัวแปรตามที่เปลี่ยนไปเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป 1 หน่วยในรูปของค่ามาตรฐาน

3.2 กลุ่มงานหลักในการก่อสร้างถนน

จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวางแผนโครงการก่อสร้างถนน โดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนนพบว่า การวางแผนงานของโครงการก่อสร้างถนนส่วนใหญ่นั้น นิยมใช้วิธีการวางแผนแบบแท่ง (Bar Chart) เนื่องจากว่า ระบบการวางแผนแบบแท่งสามารถจัดทำได้โดยง่าย สามารถเขียนรวมกับค่าใช้จ่ายของโครงการได้ (S-curve) สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขและทำความเข้าใจได้โดยง่าย และที่สำคัญเป็นรูปแบบที่ใช้กันอยู่เดิม ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะทำการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน โดยพิจารณาจากระบบการวางแผนแบบแท่งเป็นหลัก

สำหรับการหากลุ่มงานที่นำมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนน ขั้นตอนแรกจะทำการกำหนดกลุ่มงานหลัก พร้อมทั้งลำดับในการก่อสร้าง โดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน จากข้อมูลของโครงการที่แล้วเสร็จไปแล้ว และจากเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลที่ได้พบว่า การวางแผนงานโครงการก่อสร้างถนนทั่วไปจะประกอบด้วยกลุ่มงานหลายกลุ่มงาน โดยกลุ่มงานต่างๆเหล่านั้นสามารถทำการจัดกลุ่ม และกำหนดเป็นกลุ่มงานหลักได้ 7 กลุ่มงาน ดังนี้คือ

1. งานเตรียมการ (Preparation)

เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมหน้างานให้พร้อมกับการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นสร้างสำนักงานสนาม (Site Office) และการจัดเตรียมระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น

2. งานดิน (Earthwork)

เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการถางป่าขุดตอ (Clearing and Grubbing) งานถมคันทาง (Embankment) งานตัดคันทาง (Excavation) และงานวัสดุคัดเลือก เป็นต้น

3. งานรองพื้นทาง (Subbase)

4. งานพื้นทาง (Base)

5. งานโครงสร้าง (Structure)

เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการทำงานโครงสร้างต่างๆ เช่น งานสะพาน และงานระบายน้ำ (Drainage Structure) เป็นต้น

6. งานผิวทาง (Surface)

เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการทำงานผิวทาง ซึ่งโดยทั่วไปผิวทางแอสฟัลท์จะแบ่งออกเป็น 5 ชนิด (ศิริพร, 2539) ได้แก่ Penetration Macadum, Surface Treatment, Asphaltic Concrete, Cape Seal และ Bituminous Treatment Overlay

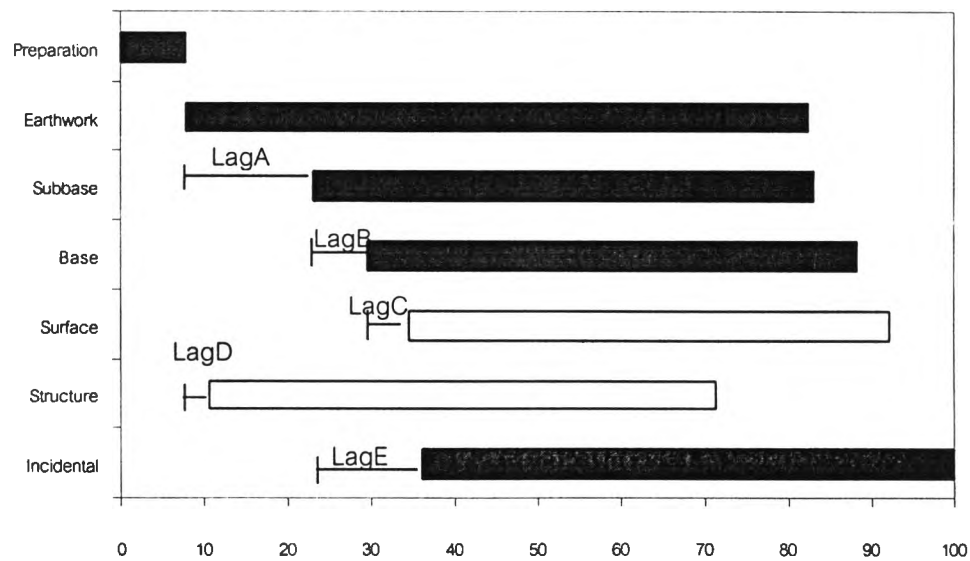
สำหรับผิวทางแบบ Penetration Macadum ผิวทางแบบ Cape Seal และผิวทางแบบ Bituminous Treatment Overlay จะไม่นำมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนน เนื่องจากปัจจุบันทางกรมทางหลวงได้มีการก่อสร้างถนนโดยใช้ผิวทางแบบ Penetration Macadum ลดน้อยลงมาก ส่วนผิวทางแบบ Cape Seal และผิวทางแบบ Bituminous Treatment Overlay ส่วนมากจะใช้ในงานซ่อมบำรุงถนน

7. งานเบ็ดเตล็ด (Incidental)

เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับงานส่วนประกอบต่างๆ เช่น งานตีเส้นจราจร งานปลูกหญ้า งานป้ายสัญญาณจราจร และงานคอนกรีตป้องกันดินพังบริเวณคอสะพานหรือที่ลาดชัน เป็นต้น

นอกจากมีการกำหนดกลุ่มงานหลักแล้ว ยังจะต้องมีการกำหนดระยะเวลาเหลื่อม (Lag Time) ของแต่ละกลุ่มงานด้วย เพื่อให้เป็นรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ โดยจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการ และข้อมูลการวางแผนงานจริง สามารถกำหนดระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานได้เป็น Lag A, B, C, D และ E ตามลำดับ

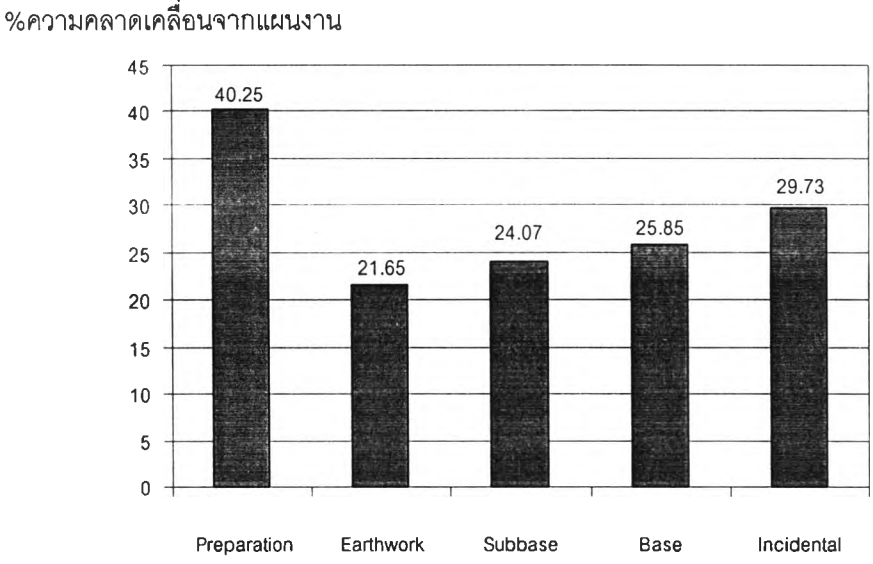
จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปรูปแบบการจัดแบ่งกลุ่มงานหลัก พร้อมทั้งลำดับการก่อสร้างถนนได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กลุ่มงานหลักและลำดับในการก่อสร้างของโครงการก่อสร้างถนน

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่ากลุ่มงานโครงสร้าง (Structure) และกลุ่มงานผิวทาง(Surface) ไม่อยู่ในวิถีวิกฤต (Critical Path) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะไม่นำเอากลุ่มงานโครงสร้าง และกลุ่มงานผิวทางมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนน

เมื่อทราบถึงกลุ่มงานหลักในการวางแผนโครงการก่อสร้างถนน ขั้นตอนต่อไปก็จะทำการหาขนาดและความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน เพื่อที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาหากลุ่มงานที่มีความคลาดเคลื่อนสูงต่อไป โดยจะพิจารณาจากข้อมูลแล้วเสร็จของโครงการก่อสร้างถนนที่ผ่านมาของกรมทางหลวงระหว่างปี 2535-2540 เป็นจำนวน 40 โครงการ ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3. 2 ความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน ในแต่ละกลุ่มงาน

จากรูปที่ 3.2 พบว่าไม่สามารถตัดกลุ่มงานใดออกไปได้เนื่องจากกลุ่มงานทุกกลุ่มงานมีความคลาดเคลื่อนสูงใกล้เคียงกันทุกกลุ่มงาน

3.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงานและระยะเวลาเหลื่อม

ในการหาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน ในโครงการก่อสร้างถนนนั้น ได้มาจากการสำรวจเชิงเอกสาร และสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการก่อสร้างถนน จากกรมทางหลวง จำนวน 10 คน ซึ่งผลที่ได้สามารถแสดงได้ดังนี้

1. กลุ่มงานเตรียมการ (Preparation)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลุ่มงานเตรียมการ ได้แก่

1.1 เขตน้ำฝน

1.2 ร้อยละของเขตชุมชน

1.3 สภาพภูมิประเทศ

2. กลุ่มงานดิน (Earthwork)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลุ่มงานดิน ได้แก่

2.1 เขตน้ำฝน

2.2 ปริมาณงานถางป่าขุดตอ

2.3 ปริมาณงานถมคันทาง

2.4 ปริมาณงานตัดคันทาง

2.5 ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก

2.6 ร้อยละของเขตชุมชน

2.7 สภาพภูมิประเทศ

2.8 ปริมาณเครื่องจักร

2.9 ลักษณะดินเดิม

2.10 ความยาวถนน

2.11 จำนวนช่องจราจร

2.12 ความกว้างถนน

2.13 การขนส่งวัสดุ (ระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงหน่วยงาน)

3. งานรองพื้นทาง (Subbase)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลุ่มงานรองพื้นทาง ได้แก่

3.1 เขตน้ำฝน

3.2 ปริมาณงานรองพื้นทาง

3.3 ปริมาณเครื่องจักร

3.4 ร้อยละของเขตชุมชน

3.5 สภาพภูมิประเทศ

3.6 ความยาวถนน

3.7 ความหนาของชั้นรองพื้นทาง

3.8 จำนวนช่องจราจร

3.9 ความกว้างถนน

3.10 การขนส่งวัสดุ (ระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงหน่วยงาน)

4. งานพื้นทาง (Base)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลุ่มงานพื้นทาง ได้แก่

4.1 เขตน้ำฝน

4.2 ปริมาณงานพื้นทาง

4.3 ปริมาณเครื่องจักร

4.4 ร้อยละของเขตชุมชน

4.5 สภาพภูมิประเทศ

4.6 ความยาวถนน

4.7 ความหนาของชั้นพื้นทาง

4.8 จำนวนช่องจราจร

4.9 ความกว้างถนน

4.10 การขนส่งวัสดุ (ระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงหน่วยงาน)

5. งานเบ็ดเตล็ด (Incidental)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด ได้แก่

5.1 เขตน้ำฝน

5.2 ปริมาณงานปลูกหญ้า

5.3 ปริมาณงานตีเส้นจราจร

5.4 ปริมาณงานป้องกันดินพัง (Slope Protection)

5.5 ปริมาณงานระบายน้ำข้างทาง

5.6 ร้อยละของเขตชุมชน

5.7 สภาพภูมิประเทศ

5.8 ความยาวถนน

5.9 จำนวนช่องจราจร

5.10 ความกว้างถนน

นอกจากจะทำการหาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานแล้ว ยังต้องทำการหาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานด้วย เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนน ซึ่งผลที่ได้สามารถแสดงได้ดังนี้

1. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานดินและกลุ่มงานรองพื้นทาง (Lag A)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อม A ได้แก่

1.1 เขตน้ำฝน

1.2 ปริมาณงานถางป่าขุดตอ

1.3 ปริมาณงานถมคันทาง

1.4 ปริมาณงานตัดคันทาง

1.5 ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก

1.6 ปริมาณงานรองพื้นทาง

1.7 ปริมาณเครื่องจักรของงานรองพื้นทาง

1.8 การขนส่งวัสดุของงานรองพื้นทาง

1.9 ระยะเวลาของงานรองพื้นทาง

1.10 ระยะเวลาของงานดิน

1.11 ร้อยละของเขตชุมชน

1.12 สภาพภูมิประเทศ

1.13 ความยาวถนน

1.14 จำนวนช่องจราจร

1.15 ความกว้างถนน

1.16 อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทาง

2. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานรองพื้นทางและกลุ่มงานพื้นทาง (Lag B)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อม B ได้แก่

2.1 เขตน้ำฝน

2.2 ปริมาณงานรองพื้นทาง

2.3 ปริมาณงานพื้นทาง

2.4 ปริมาณเครื่องจักรของงานพื้นทาง

2.5 การขนส่งวัสดุของงานพื้นทาง

2.6 ระยะเวลาของงานรองพื้นทาง

2.7 ระยะเวลาของงานพื้นทาง

2.8 ร้อยละของเขตชุมชน

2.9 สภาพภูมิประเทศ

2.10 ความยาวถนน

2.11 จำนวนช่องจราจร

2.12 ความกว้างถนน

2.13 อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทาง

3. ระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานพื้นทางและกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด (Lag E)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อม E ได้แก่

3.1 เขตน้ำฝน

3.2 ปริมาณงานพื้นทาง

3.3 ปริมาณงานปลูกหญ้า

3.4 ปริมาณงานตีเส้นจราจร

3.5 ปริมาณงานป้องกันดินพัง

3.6 ปริมาณงานระบายน้ำข้างทาง

3.7 ระยะเวลาของงานพื้นทาง

3.8 ระยะเวลาของงานเบ็ดเตล็ด

3.9 ร้อยละของเขตชุมชน

3.10 สภาพภูมิประเทศ

3.11 ความยาวถนน

3.12 จำนวนช่องจราจร

3.13 ความกว้างถนน

3.14 อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด

จากปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงานที่ได้แสดงข้างต้น สามารถอธิบายลักษณะผลกระทบของปัจจัยต่างๆเหล่านั้นได้ดังนี้

1. เขตน้ำฝน

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า โครงการที่อยู่ในเขตพื้นที่ฝนตกชุก จะสามารถปฏิบัติงานได้ยาก และล่าช้ากว่าโครงการที่อยู่ในเขตพื้นที่ที่ไม่มีฝนตกชุก เนื่องจากเมื่อฝนตกจะทำให้การปฏิบัติงานล่าช้าหรือหยุดชะงัก ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้ระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า เขตน้ำฝนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ โดยพบบ่อยเป็น 98% (Herbsman and Ellis, 1995)

2. ร้อยละของเขตชุมชน

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า โครงการที่ตัดผ่านเขตชุมชนจะมีผลทำให้ระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงานเพิ่มมากขึ้น แต่สำหรับกลุ่มงานเตรียมการ โครงการที่ตัดผ่านเขตชุมชนจะมีผลทำให้ระยะเวลาของกลุ่มงานเตรียมการลดลง เนื่องจากในการก่อสร้างสำนักงานสนาม (Site office) นั้น โครงการก่อสร้างส่วนใหญ่จะใช้การเช่าสำนัก

งานหรืออาคารที่มีอยู่แล้วมาใช้เป็นสำนักงานสนาม จึงทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างสำนักงานสนามและการจัดเตรียมระบบสาธารณูปโภคภายในหน่วยงานลดลง ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาของกลุ่มงานเตรียมการลดลง อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ร้อยละของเขตชุมชนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะโครงการ โดยพบบ่อยเป็น 88% (Herbsman and Ellis, 1995)

3. สภาพภูมิประเทศ

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า สภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน โดยลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขา เนินเขา หรือพื้นที่ที่มีความลาดชันมากจะสามารถปฏิบัติงาน และขนส่งวัสดุได้ยาก ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงานเพิ่มขึ้นมากกว่าพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ หรือมีความลาดชันน้อย อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า สภาพภูมิประเทศเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะโครงการ โดยพบบ่อยเป็น 76% (Herbsman and Ellis, 1995)

4. สภาพดินเดิม

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า โครงการที่มีลักษณะดินคันทางไม่ดีจะสามารถปฏิบัติงานได้ยากกว่าโครงการที่มีสภาพดินคันทางที่ดี เนื่องจากต้องมีการปรับปรุงสภาพดินคันทาง ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาก่อสร้างในกลุ่มงานดินเพิ่มมากขึ้น

5. ความยาวถนน

ความยาวถนนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน โดยโครงการที่มีความยาวถนนมากจะต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากกว่าโครงการที่มีความยาวถนนน้อย

6. ความกว้างถนน

ความกว้างถนนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน โดยโครงการที่มีความกว้างถนนมากจะต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากกว่าโครงการที่มีความกว้างถนนน้อย

7. จำนวนช่องจราจร

จำนวนช่องจราจรเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน โดยโครงการที่มีจำนวนช่องจราจรมากจะต้องใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากกว่าโครงการที่มีจำนวนช่องจราจรน้อย

8. ปริมาณเครื่องจักร

ปริมาณเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงาน โดยโครงการที่มีการนำเอาเครื่องจักรมาใช้ในการก่อ

สร้างมาก จะทำให้ระยะเวลาก่อสร้างลดลง เนื่องจากสามารถปฏิบัติงานได้เนื้องานเพิ่มขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ปริมาณเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ โดยพบบ่อยเป็น 76% และยังพบอีกว่าปริมาณเครื่องจักรจะส่งผลกระทบให้ระยะเวลาโครงการเปลี่ยนไป 10-20% (Herbsman and Ellis, 1995)

9. การขนส่งวัสดุ

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า ระยะทางในการขนส่งวัสดุจากแหล่งวัสดุถึงหน่วยงานมากจะทำให้ระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจะต้องเสียเวลาในการขนส่งวัสดุมากขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ระยะทางในการขนส่งวัสดุเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมในแต่ละกลุ่มงานด้วย (Herbsman and Ellis,1995)

10. ความหนาของชั้นรองพื้นทาง

ความหนาของชั้นรองพื้นทางเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของกลุ่มงานรองพื้นทาง โดยโครงการที่มีความหนาของชั้นรองพื้นทางมาก ย่อมที่จะต้องใช้ระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นด้วย

11. ความหนาของชั้นพื้นทาง

ความหนาของชั้นพื้นทางเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของกลุ่มงานพื้นทาง โดยโครงการที่มีความหนาของชั้นพื้นทางมาก ย่อมที่จะต้องใช้ระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นด้วย

12. ระยะเวลาของงานดิน

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า ระยะเวลาของงานดินเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานดินและกลุ่มงานรองพื้นทาง (Lag A) โดยโครงการที่มีระยะเวลาของงานดินมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม A เพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากปริมาณเนื้องานดินมากขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

13. ระยะเวลาของงานรองพื้นทาง

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า ระยะเวลาของงานรองพื้นทางเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานดินและกลุ่มงานรองพื้นทาง (Lag A) และระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานรองพื้นทางและกลุ่มงานพื้นทาง (Lag B) โดยโครงการที่มีระยะเวลาของงานรองพื้นทางมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม A ลดลง เนื่องจากจะต้องมีการเร่งงานให้โครงการเสร็จเร็วขึ้น และระยะเวลาเหลื่อม B เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณเนื้องานรองพื้นทางเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

14. ระยะเวลาของงานพื้นทาง

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า ระยะเวลาของงานพื้นทางเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานรองพื้นทางและกลุ่มงานพื้นทาง (Lag B) และระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานพื้นทางและกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด (Lag E) โดยโครงการที่มีระยะเวลาของงานพื้นทางมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม B ลดลง เนื่องจากจะต้องมีการเร่งงานให้โครงการเสร็จเร็วขึ้น และระยะเวลาเหลื่อม E เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณพื้นทางเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

15. ระยะเวลาของงานเบ็ดเตล็ด

จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการพบว่า ระยะเวลาของงานเบ็ดเตล็ดเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานพื้นทางและกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด (Lag E) โดยโครงการที่มีระยะเวลาของงานเบ็ดเตล็ดมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม E ลดลง เนื่องจากจะต้องมีการเร่งงานให้โครงการเสร็จเร็วขึ้น อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า ระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

16. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทาง

จากทฤษฎีพบว่า อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทางเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อม A โดยโครงการที่มีอัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทางมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม A เพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากระยะเวลาของงานดินเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ระยะเวลาของงานรองพื้นทางลดลง อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า อัตราส่วนของระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

17. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทาง

จากทฤษฎีพบว่า อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทางเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อม B โดยโครงการที่มีอัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทางมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม B เพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากระยะเวลาของงานรองพื้นทางเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ระยะเวลาของงานพื้นทางลดลง อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า อัตราส่วนของระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

18. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด

จากทฤษฎีพบว่า อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ดเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อม E โดยโครงการที่มีอัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ดมาก จะทำให้ระยะเวลาเหลื่อม E เพิ่มมากขึ้นด้วยเนื่องจากระยะเวลาของงานพื้นทางเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ระยะเวลาของงานเบ็ดเตล็ดลดลง อีกทั้งจากการสำรวจเชิงเอกสารพบว่า อัตราส่วนของระยะเวลาของกลุ่มงานที่อยู่ระหว่างระยะเวลาเหลื่อมของกลุ่มงานเหล่านั้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเหลื่อมด้วย (W.M.Chan and M.Kumaraswamy, 1999)

จากปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานที่ได้แสดงข้างต้น สามารถนำมาสรุปเป็นปัจจัยที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และให้คำจำกัดความของแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

1. เขตน้ำฝน

คือ เขตพื้นที่ที่มีฝนตกในประเทศไทย ซึ่งสามารถแบ่งเขตพื้นที่น้ำฝนออกเป็น 2 เขต (ศิริพร, 2539) ดังนี้

1.1 เขตพื้นที่ที่มีฝนตกชุก คือ จังหวัดที่มีปริมาณฝนตกเกินปีละ 1,500 มม. ได้แก่จังหวัดดังต่อไปนี้ เชียงราย หนองคาย สกลนคร นครพนม ปราจีนบุรี จันทบุรี ตราด ชุมพร ระนอง สุราษฎ์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช พังงา สงขลา ภูเก็ต ปัตตานี ตรัง นราธิวาส พัทลุง ยะลา และสตูล

1.1 เขตพื้นที่ที่ไม่มีฝนตกชุก คือ จังหวัดที่มีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปีละ 1,500 มม.

2 ร้อยละของเขตชุมชน

คือ ปริมาณร้อยละของเขตชุมชนในแนวที่โครงการก่อสร้างถนนจะตัดผ่าน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละของเขตชุมชน} = \left(\frac{\text{ระยะทางของเขตชุมชนในแนวที่โครงการตัดผ่าน}}{\text{ระยะทางของโครงการทั้งหมด}} \right) \times 100$$

3 สภาพภูมิประเทศ

คือ สภาพภูมิประเทศที่โครงการตั้งอยู่ โดยสภาพภูมิประเทศจะมีผลต่อความยากง่ายในการทำงานก่อสร้าง ถ้าสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบการทำงานก็จะง่ายกว่าสภาพภูมิประเทศที่เป็นเนินและเป็นภูเขา เป็นต้น ซึ่งในการพิจารณาจะแบ่งสภาพภูมิประเทศออกเป็น 4 ประเภท (ศิริพร, 2539) ดังนี้

3.1 ที่ราบ คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (Gradient) ตั้งแต่ 0-3%

3.2 ลูกเนิน คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (Gradient) ตั้งแต่ 3-5%

3.3 ลูกเนินสลับเขา คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (Gradient) ตั้งแต่ 5-7%

3.4 เขา คือ สภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชัน (Gradient) ตั้งแต่ 7% ขึ้นไป

4 สภาพดินเดิม

คือ คุณภาพและลักษณะของดินคันทาง (Subgrade) ซึ่งจะจำแนกประเภทออกได้โดยพิจารณาจากค่า California Baring Ratio (CBR) ของดิน (ศิริพร, 2539) ดังนี้

4.1 CBR น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 หมายถึง ดินที่มีลักษณะเป็นดินเลว

4.2 CBR ตั้งแต่ 3 ถึง 5 หมายถึง ดินที่มีลักษณะเป็นดินดีปานกลาง

4.3 CBR ตั้งแต่ 6 และมากกว่า หมายถึง ดินที่มีลักษณะเป็นดินดี

5 ความยาวถนน

คือ ความยาวของถนนตั้งแต่จุดเริ่มต้นโครงการจนถึงจุดสิ้นสุดโครงการ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

6 ความกว้างถนน

คือ ความกว้างของถนนที่จะต้องดำเนินการก่อสร้างใน 2 ช่องจราจร มีหน่วยเป็นเมตร

7 จำนวนช่องจราจร

คือ จำนวนช่องจราจรของถนนที่จะต้องดำเนินการก่อสร้าง

8 ปริมาณเครื่องจักร

คือ จำนวนเครื่องจักรหลักที่นำมาใช้ในแต่ละกลุ่มงานนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

8.1 กลุ่มงานดินมีเครื่องจักรหลัก คือ รถแทรกเตอร์ รถขุดดิน (Backhoe) รถตักดิน (Loader) รถเกรด (Grader) รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก รถบดสั่นสะเทือน รถบรรทุก และรถบรรทุกน้ำ

8.2 กลุ่มงานรองพื้นทางมีเครื่องจักรหลัก คือ รถเกรด รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก รถบดสั่นสะเทือน รถบรรทุก และรถบรรทุกน้ำ

8.3 กลุ่มงานพื้นทางมีเครื่องจักรหลัก คือ รถเกรด รถบดล้อยาง รถบดล้อเหล็ก รถบดสั่นสะเทือน รถบรรทุก และรถบรรทุกน้ำ

9 การขนส่งวัสดุงานดิน

คือ ระยะทางเฉลี่ยจากแหล่งวัสดุที่ใช้ในกลุ่มงานดินถึงหน่วยงานก่อสร้าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

10. การขนส่งวัสดุงานรองพื้นทาง

คือ ระยะทางเฉลี่ยจากแหล่งวัสดุที่ใช้ในกลุ่มงานรองพื้นทางถึงหน่วยงานก่อสร้าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

11. การขนส่งวัสดุงานพื้นทาง

คือ ระยะทางเฉลี่ยจากแหล่งวัสดุที่ใช้ในกลุ่มงานพื้นทางถึงหน่วยงานก่อสร้าง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

12. ปริมาณงานถางป่าขุดตอ

คือ ปริมาณเนื้องานถางป่าขุดตอ (Clearing and Grubbing) มีหน่วยเป็นตารางเมตร

13. ปริมาณงานถมคันทาง

คือ ปริมาณเนื้องานถมคันทาง (Embankment) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

14. ปริมาณงานตัดคันทาง

คือ ปริมาณเนื้องานขุดคันทาง (Excavation) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

15. ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก

คือ ปริมาณเนื้องานวัสดุคัดเลือก มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

16. ปริมาณงานรองพื้นทาง

คือ ปริมาณเนื้องานรองพื้นทาง (Subbase) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

17. ปริมาณงานพื้นทาง

คือ ปริมาณเนื้องานพื้นทาง (Base) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

18. ปริมาณงานปลูกหญ้า

คือ ปริมาณเนื้องานปลูกหญ้า (Sodding) ไม่ว่าจะเป็นเกาะกลางถนน หรือลาดไหล่ทาง เป็นต้น มีหน่วยเป็นตารางเมตร

19. ปริมาณงานตีเส้นจราจร

คือ ปริมาณเนื้องานตีเส้นและเครื่องหมายจราจร งานตีเส้นแบ่งทิศทางจราจร ตัวอักษร ลูกศร คนเดินข้าม เส้นหยุดก่อนทางแยกหรือทางรถไฟ ขอบทางเท้า ขอบเกาะแบ่งถนน และขอบคอสะพาน เป็นต้น มีหน่วยเป็นตารางเมตร

20. ปริมาณงานระบายน้ำข้างทาง

คือ ปริมาณเนื้องานร่องระบายน้ำข้างทาง (Side Ditch) ขอบระบายน้ำ (Curb and Gutter) เป็นต้น มีหน่วยเป็นเมตร

21. ปริมาณงานป้องกันดินพัง (Slope Protection)

คือ ปริมาณเนื้องานป้องกันดินพังบริเวณคอสะพาน หรือบริเวณที่ลาดชัน เป็นต้น มีหน่วยเป็นตารางเมตร

22. ความหนาของชั้นรองพื้นทาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

23. ความหนาของชั้นพื้นทาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

24. ระยะเวลาของงานดิน

คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานดิน ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานดิน

25. ระยะเวลาของงานรองพื้นทาง

คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานรองพื้นทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานรองพื้นทาง

26. ระยะเวลาของงานพื้นทาง

คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานพื้นทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานพื้นทาง

27. ระยะเวลาของงานเบ็ดเตล็ด

คือ ระยะเวลาแล้วเสร็จของกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด

28. Lag A

คือ ระยะเวลาของระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานดินและกลุ่มงานรองพื้นทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของ Lag A

29. Lag B

คือ ระยะเวลาของระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานรองพื้นทางและกลุ่มงานพื้นทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของ Lag B

30. Lag E

คือ ระยะเวลาของระยะเวลาเหลื่อมระหว่างกลุ่มงานพื้นทางและกลุ่มงานเบ็ดเตล็ด ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาของ Lag E

31. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทาง

คือ อัตราส่วนของระยะเวลางานดินและระยะเวลางานรองพื้นทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลางานดินและระยะเวลางานรองพื้นทาง

32. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทาง

คือ อัตราส่วนของระยะเวลางานรองพื้นทางและระยะเวลางานพื้นทาง ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลางานรองพื้นทางและระยะเวลางานพื้นทาง

33. อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด

คือ อัตราส่วนของระยะเวลางานพื้นทางและระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองในการประมาณระยะเวลางานพื้นทางและระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด

I19917617X

3.3 รูปแบบของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอย

จากปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น สามารถนำมากำหนดตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอยได้ดังตารางที่ 3.2-3.3 ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระในรูปของฟังก์ชัน เป็นรูปแบบของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยได้ดังนี้

Preparation Time = f (Rainfall, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous)

Earth Time = f (Rainfall, Clearing, Embankment, Excavation, Select Mat, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Tractor, Backhoe, Loader, Grader, R_Roller, S_Roller, V_Roller, Truck, Water Truck, Bad CBR, Med CBR, Length, Lane, Wide, Earth Transport)

Subbase Time = f (Rainfall, Subbase Vol, Grader, R_Roller, S_Roller, V_Roller, Truck, Water Truck, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Length, Subbase Thk, Lane, Wide, Subbase Transport)

Base Time = f (Rainfall, Base Vol, Grader, R_Roller, S_Roller, V_Roller, Truck, Water Truck, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Length, Base Thk, Lane, Wide, Base Transport)

Incidental Time = f (Rainfall, Sodding, Painting, Slope Protect, Ditch&Curb, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Length, Lane, Wide)

Lag A = f (Rainfall, Clearing, Embankment, Excavation, Select Mat, Subbase Vol, Grader, R_Roller, S_Roller, V_Roller, Truck, Water Truck, Subbase Transport, Subbase Time, Earth Time, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Length, Lane, Wide, Earthwork/Subbase)

Lag B = f (Rainfall, Subbase Vol, Base Vol, Grader, R_Roller, S_Roller, V_Roller, Truck, Water Truck, Base Transport, Subbase Time, Base Time, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Length, Lane, Wide, Subbase/Base)

Lag E = f (Rainfall, Base Vol, Sodding, Painting, Slope Protect, Ditch&Curb, Base Time, Incidental Time, %Urban, Hilly, Rolling, Mountainous, Length, Lane, Wide, Base/Incidental)

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรตามที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย

ตัวแปรตาม	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
ระยะเวลางานเตรียมการ	Preparation Time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานดิน	Earth Time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานรองพื้นทาง	Subbase Time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานพื้นทาง	Base Time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด	Incidental Time	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลาเหลื่อม A	Lag A	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลาเหลื่อม B	Lag B	วัน	ปริมาณ
ระยะเวลาเหลื่อม E	Lag E	วัน	ปริมาณ

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย

ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
เขตน้ำฝน	Rainfall	0 ,1	คุณภาพ
ร้อยละเขตชุมชน	%Urban	ร้อยละ	ปริมาณ
สภาพภูมิประเทศ - ที่ราบ - ลูกเนิน - ลูกเนินสลับเขา - ภูเขา	 Flat Hilly Rolling Mountainous	0,1	คุณภาพ
สภาพดินเดิม - ดินเลว - ดินดีปานกลาง - ดินดี	 Bad CBR Med CBR Good CBR	0,1	คุณภาพ
ความยาวถนน	Length	กิโลเมตร	ปริมาณ
ความกว้างถนน	Wide	เมตร	ปริมาณ
จำนวนช่องจราจร	Lane	ช่อง	ปริมาณ
ปริมาณเครื่องจักร - Tractor - รถเกรด - รถขุดดิน	 Tractor Grader Backhoe	 แรงม้า คัน คัน	ปริมาณ

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณาในสมการถดถอย (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	หน่วย	ชนิดของตัวแปร
- รถตักดิน	Loader	คัน	
- รถบดล้อยาง	R_Roller	คัน	
- รถบดล้อเหล็ก	S_Roller	คัน	
- รถบดสั่นสะเทือน	V_Roller	คัน	
- รถบรรทุก	Truck	คัน	
- รถบรรทุกน้ำ	Water Truck	คัน	ปริมาณ
การขนส่งวัสดุงานดิน	Earth Transport	กิโลเมตร	ปริมาณ
การขนส่งวัสดุงานรองพื้นทาง	Subbase Transport	กิโลเมตร	ปริมาณ
การขนส่งวัสดุงานพื้นทาง	Base Transport	กิโลเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานถางป่าขุดตอ	Clearing	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานถมคันทาง	Embankment	ลูกบาศ์กเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานตัดคันทาง	Excavate	ลูกบาศ์กเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานวัสดุคัดเลือก	Select Mat	ลูกบาศ์กเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานรองพื้นทาง	Subbase Vol.	ลูกบาศ์กเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานพื้นทาง	Base Vol.	ลูกบาศ์กเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานปลูกหญ้า	Sodding	ตารางเมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานตีเส้นจราจร	Painting	เมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานระบายน้ำข้างทาง	Ditch & Curb	เมตร	ปริมาณ
ปริมาณงานป้องกันดินพัง	Slope Protect	ตารางเมตร	ปริมาณ
ความหนาของชั้นรองพื้นทาง	Subbase Thk.	เซนติเมตร	ปริมาณ
ความหนาของชั้นพื้นทาง	Base Thk.	เซนติเมตร	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานดินกับระยะเวลางานรองพื้นทาง	Earthwork/Subbase	-	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานรองพื้นทางกับระยะเวลางานพื้นทาง	Subbase/Base	-	ปริมาณ
อัตราส่วนระหว่างระยะเวลางานพื้นทางกับระยะเวลางานเบ็ดเตล็ด	Base/Incidental	-	ปริมาณ

เมื่อทราบตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระ และรูปแบบของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านระยะเวลาก่อสร้าง และปัจจัยต่างๆที่ได้ทำการวิเคราะห์มาแล้วข้างต้น จากโครงการก่อสร้างถนนที่ได้แล้วเสร็จไปแล้ว ระหว่างปี 2535-2540 ของกรมทางหลวง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนน ด้วยวิธีการสมการถดถอยเชิงซ้อนต่อไป

3.4 ข้อจำกัดของแบบจำลอง

ในการหาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างของแต่ละกลุ่มงาน ในโครงการก่อสร้างถนนนั้น ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1. จำนวนบุคลากร หรือแรงงาน
2. คุณภาพของบุคลากร หรือแรงงาน
3. ปริมาณการจราจรขณะการก่อสร้าง
4. การเพิ่มเนื้องาน
5. การรออนุมัติแก้ไขแบบ
6. กรรมสิทธิ์ที่ดิน
7. ระบบสาธารณูปโภค

ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของแต่ละกลุ่มงานในโครงการก่อสร้างถนน แต่เนื่องจากเมื่อคำนึงถึงจุดประสงค์ของแบบจำลองที่ใช้เพื่อประมาณระยะเวลาการก่อสร้างในขั้นตอนการวางแผนโครงการแล้ว ปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถหาข้อมูลอ้างอิงได้ จึงไม่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ ส่วนปัจจัยด้านกรรมสิทธิ์ที่ดิน และปัจจัยด้านระบบสาธารณูปโภค เป็นปัจจัยที่สามารถขอต่อระยะเวลาของสัญญาได้ และสามารถดำเนินการควบคู่ไปกับการก่อสร้างได้ ดังนั้นจึงไม่นำมาพิจารณาสร้างแบบจำลอง

3.5 บทสรุป

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ประมาณระยะเวลาก่อสร้างถนนจะต้องกำหนดกลุ่มงานหลักที่มีความคลาดเคลื่อนสูง และอยู่ในวิถีวิกฤตก่อน ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการ จากข้อมูลโครงการที่แล้วเสร็จไปแล้ว และจากเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง พบว่าสามารถกำหนดกลุ่มงานหลักได้ 5 กลุ่มงาน คือ งานเตรียมการ งานดิน งานรองพื้นทาง งานพื้นทาง และงานเบ็ดเตล็ด นอกจากนั้นเพื่อให้เป็นรูป

แบบที่สามารถนำไปใช้ในการประมาณระยะเวลาโครงการได้ จึงต้องมีการกำหนดระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงานด้วย ได้แก่ Lag A, Lag B และ Lag E ขั้นตอนต่อไปจึงทำการหาปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาในแต่ละกลุ่มงาน และระยะเวลาเหลื่อมของแต่ละกลุ่มงาน ซึ่งได้จากการสำรวจเชิงเอกสาร และสัมภาษณ์ผู้บริหารโครงการหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมาณระยะเวลาโครงการ สุดท้ายจึงทำการกำหนดตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระ และรูปแบบของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอย เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์หาแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณระยะเวลาเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างถนนต่อไป